

PUB-NO: FR002587464A1

DOCUMENT-IDENTIFIER: FR 2587464 A1

TITLE: Method for drying a frozen product  
and device for implementing the method

PUBN-DATE: March 20, 1987

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

LAFON, LOUIS

COUNTRY

N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

LAFON LABOR

COUNTRY

FR

APPL-NO: FR08513917

APPL-DATE: September 19, 1985

PRIORITY-DATA: FR08513917A ( September 19, 1985)

INT-CL (IPC): F26B003/34

EUR-CL (EPC): F26B003/34 ; F26B007/00

ABSTRACT:

In this method for drying a frozen product, without passing via the liquid phase, the product to be dried is subjected, for the period required for complete drying, to a microwave electromagnetic field in a cooled chamber, the environment of the product is advantageously maintained at a low pressure and a flow of cold dry air is circulated through this environment. The device for implementing this method comprises a device 1 for applying

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

a microwave  
electromagnetic field, a generator 6 of dry cold air, a  
vacuum pump 8 and  
adjustment means 11-16 for preventing the formation of  
liquid in the product.  
<IMAGE>

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**2 587 464**

(21) N° d'enregistrement national :

**85 13917**

(51) Int Cl<sup>4</sup> : F 26 B 7/00, 21/10, 23/08.

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 19 septembre 1985.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 12 du 20 mars 1987.

(60) Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

(71) Demandeur(s) : Société dite : LABORATOIRE L. LAFON.  
— FR.

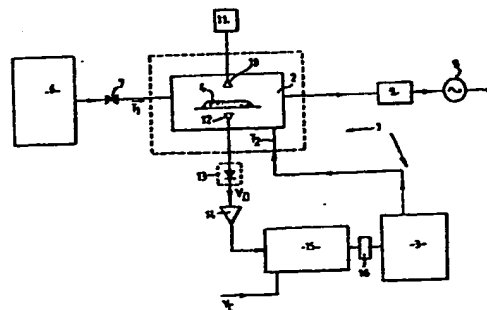
(72) Inventeur(s) : Louis Lafon.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : Cabinet Lavoix.

(54) Procédé de séchage d'un produit congelé et dispositif pour sa mise en œuvre.

(57) Dans ce procédé de séchage d'un produit congelé, sans passer par la phase liquide, on soumet, pendant le temps nécessaire au séchage complet, le produit à sécher à un champ électromagnétique à micro-ondes, dans une enceinte refroidie, on maintient avantageusement l'environnement du produit à une pression faible et on fait circuler à travers cet environnement un flux d'air froid et sec. Le dispositif pour la mise en œuvre de ce procédé comprend un dispositif 1 d'application d'un champ électromagnétique à micro-ondes, un générateur 6 d'air sec et froid, une pompe à vide 8 et des moyens de régulation 11-16 pour empêcher la formation de liquide dans le produit.



FR 2 587 464 - A1

La présente invention concerne un procédé de séchage d'un produit congelé sans passer par la phase liquide et un dispositif pour sa mise en oeuvre.

Pour sécher (ou déshydrater) un produit congelé sans passer par la phase liquide, on a habituellement recours à la lyophilisation (ou cryo-déssiccation). Dans les conditions habituelles de traitement, cette opération est réalisée dans une enceinte étanche travaillant sous vide et les vapeurs résultantes sont extraites soit directement par pompage, soit par cryo-condensation sur une paroi froide. Ce procédé présente des avantages bien connus mais il nécessite des matériels souvent onéreux, avec des durées de traitement plus ou moins longues suivant le produit.

La présente invention, basée sur l'emploi des micro-ondes comme élément d'apport de chaleur dans la masse du produit, a pour but de permettre de palier un certain nombre d'inconvénients liés au transfert sous vide de la chaleur nécessaire au changement d'état, tout en permettant la mise en oeuvre de matériels entièrement automatisés.

L'invention a donc pour objet un procédé de séchage d'un produit congelé, sans passer par la phase liquide, caractérisé en ce qu'on soumet, pendant le temps nécessaire au séchage complet, le produit à sécher à un champ électromagnétique à micro-ondes, dans une enceinte refroidie, et on fait circuler à travers cet environnement un flux d'air froid et sec.

Avantageusement, on maintient l'environnement du produit à une pression faible.

Avantageusement, on régule la puissance nécessaire pour produire le champ électromagnétique à micro-ondes afin d'empêcher la formation d'eau liquide

dans le produit lors du séchage.

De préférence, le champ électromagnétique à micro-ondes a une valeur moyenne constante sur une très courte durée.

5 L'invention a également pour objet un dispositif de séchage d'un produit congelé, sans passer par la phase liquide, pour la mise en oeuvre du procédé défini ci-dessus, dispositif caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif d'application d'un champ  
10 électromagnétique comprenant un applicateur micro-ondes placé dans une enceinte thermostatique à faible température et alimenté par un générateur de micro-ondes, un générateur d'air sec et froid et une pompe à vide reliés de part et d'autre de l'applicateur et  
15 destinés à produire une circulation d'air froid et sec et à maintenir une pression faible dans l'applicateur, et à en extraire l'air froid chargé de vapeur d'eau, et des moyens de régulation destinés à empêcher la formation d'eau liquide dans le produit en cours d'un  
20 processus de déshydratation.

Avantageusement, les moyens de régulation agissent sur la puissance fournie au générateur de micro-ondes.

Avantageusement, les moyens de régulation  
25 comprennent des moyens de détection pour détecter l'état physique de l'eau contenue dans un produit placé dans l'applicateur, des moyens d'amplification du signal de détection et des moyens de comparaison de ce signal avec une valeur de consigne correspondant à  
30 une apparition d'eau liquide dans le produit et de commande de la puissance fournie au générateur de micro-ondes.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description

qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés sur lesquels:

- la Fig.1 est un schéma d'un dispositif de séchage selon l'invention ;

5                   - la Fig.2 est une courbe représentant la valeur de la tension fournie par les moyens de détection en fonction de la température du produit à sécher ;

10                   - les Fig.3A et 3B sont des courbes représentant respectivement la variation de la tension fournie par les moyens de détection et la variation de la puissance fournie au générateur de micro-ondes en fonction du temps.

15                   La Fig.1 représente un dispositif de séchage ou de déshydratation d'un produit congelé, sans passer par la phase liquide.

20                   Le dispositif de séchage comprend un dispositif 1 d'application d'un champ électromagnétique comprenant un applicateur de micro-ondes 2 réalisé selon les techniques habituelles à ce genre de matériel et alimenté par un générateur de micro-ondes 3. Cependant l'applicateur est de préférence conçu pour que tout le volume d'un produit 4 qui y est placé soit soumis à un champ électromagnétique dont la valeur  
25                   moyenne, sur une très courte durée, par exemple deux secondes est constante.

30                   Avantageusement, on utilise un dispositif d'application de champ électromagnétique tel que décrit dans la demande de brevet déposée en France par la Demanderesse pour "Dispositif d'application de champ électromagnétique destiné notamment au chauffage de produits par micro-ondes" sous le numéro 85 01 125.

                  Ce dispositif d'application de champ électromagnétique comprend un applicateur micro-ondes



4

dont les extrémités sont excitées simultanément par des signaux déphasés, émis par un générateur de micro-ondes. Le déphasage variant périodiquement de  $180^\circ$  peut, par exemple, être engendré par un déphaseur variable placé en série avec l'une des extrémités dudit applicateur. Ainsi, on obtient un champ électromagnétique de valeur constante permettant d'assurer un chauffage homogène sur toute la longueur de l'applicateur.

Un tel dispositif d'application de champ électromagnétique à micro-ondes permet de dégager un nombre de calories par unité de volume dans le produit qui soit le même en tous les points du produits où le changement d'état est nécessaire, et sensiblement uniquement en ces points, et donc en fonction de l'état momentané du produit.

Le produit 4 à traiter doit être placé dans d'applicateur 2 à une température suffisamment basse pour qu'il n'y ait aucune trace d'eau liquide dans le produit au début de l'opération. A cet effet, l'applicateur 2 est disposé dans une enceinte thermostatique 5 de manière à être maintenu à une température suffisamment basse pendant toute la durée de l'opération (avantageusement  $-17^\circ\text{C}$ ), soit  $T_1$  cette température. La température  $T_1$  se situe en général dans une plage de  $-15$  à  $-20^\circ\text{C}$ .

Un générateur 6 d'air sec et froid par exemple à la température  $T_2$ , est relié par l'intermédiaire d'une vanne 7 à une extrémité de l'applicateur 2 permettant de produire un débit d'air très sec prédéterminé à l'intérieur de l'applicateur. La température  $T_2$  est de préférence inférieure à la température ambiante  $T_1$  de l'enceinte thermostatique, avantageusement  $T_2 = -25^\circ\text{C}$ . Cette température se situe généralement dans

une plage située en dessous de  $-20^{\circ}\text{C}$ . Une pompe à vide 8 est reliée à l'applicateur 2 à son autre extrémité par l'intermédiaire d'un réchauffeur 9. En effet, l'air froid chargé de vapeur d'eau, extrait par la pompe 8 peut l'être directement par celle-ci mais de préférence, par l'intermédiaire d'un dispositif de déshydratation ou de condensation ou un réchauffeur 9, qui, disposé en amont de la pompe permet d'éviter tout risque de givrage. L'admission d'air froid et sec par la vanne et l'aspiration par la pompe sont réglées de sorte qu'une pression de quelques milliers de Pascals existe autour du produit à traiter, à l'intérieur de l'applicateur pression située généralement dans une plage de 2000 à 8000 Pa. Il existe une pression optimale, par exemple 5000 Pa, qui dépend du produit à traiter et qui correspond à un minimum de la durée de la déshydratation ou de séchage (par exemple 2 heures).

Cependant, afin d'éviter toute apparition d'eau liquide dans le produit, au cours de l'opération de séchage, due à un excès de chauffage par micro-ondes, on peut commander la puissance délivrée par le générateur 3 d'alimentation de l'applicateur micro-ondes, en fonction de l'état physique de l'eau contenue dans le produit à chaque instant.

A cet effet, on dispose de part et d'autre du produit, ou d'un échantillon de celui-ci, de préférence un cornet émetteur 10 relié à un générateur d'ondes millimétriques de faible puissance 11 (par exemple un générateur de 10 mW de puissance utile oscillant sur 35 GHz) et un cornet récepteur 12 relié à un détecteur 13. Tant que l'eau contenue dans le produit est sous forme de glace, la tension  $V_d$  détectée par 13 est sensiblement constante, dès que des

traces d'eau liquide apparaissent dans le produit la tension détectée  $V_d$  diminue rapidement comme représenté sur la courbe de la Fig.2. En fait, il a été vérifié expérimentalement qu'il n'y avait pas trace  
5 d'eau liquide tant que sous l'action du chauffage par les micro-ondes, la tension détectée  $V_d$  restait supérieure à une certaine tension  $V_c$ , dite tension de consigne, fonction du produit mais qui est généralement comprise entre les quatre cinquièmes et les deux  
10 tiers de la tension détectée au début de l'opération de déshydratation  $V_{do}$ .

Cette méthode a l'avantage de tolérer une certaine dispersion entre les différents échantillons à traiter. Si les échantillons sont suffisamment  
15 semblables, un micro-ordinateur peut être programmé par une carte ou un disque (mémoire) ce qui permet de supprimer le contrôle par ondes millimétriques soit les éléments portant les références 10 à 14.

Cette tension détectée  $V_d$ , après amplification par l'amplificateur 14 et la tension de consigne  $V_c$  sont envoyées dans un micro-ordinateur 15 qui a pour fonction d'agir sur la puissance  $P$  délivrée par le générateur micro-ondes 3 qui alimente l'applicateur, en fonction de la comparaison effectuée par  
25 lui entre les tensions. Ce générateur doit naturellement être programmable en puissance à partir de la tension délivrée par le micro-ordinateur (15), ce qui est le cas de tous les générateurs industriels de micro-ondes. Une interface 16 permet l'adaptation de  
30 la commande du générateur à la sortie du micro-ordinateur.

La commande la plus simple est une commande par tout ou rien, la puissance micro-onde étant coupée dès que la tension détectée tombe au-dessous de la

7

tension de consigne  $V_c$  comme représenté sur les Fig.3A et 3B. Dès cet instant, la température du produit, qui avait augmenté durant l'application des micro-ondes, diminue et la tension détectée remonte  
5 au-dessus de  $V_c$ , ce qui a pour effet l'application des micro-ondes pour un nouveau cycle de chauffage, et ainsi de suite. L'expérience montre que ces cycles de chauffage durent quelques secondes et sont séparés par des périodes d'arrêt de quelques secondes également.  
10 Il est également possible d'effectuer une commande proportionnelle en fonction de la valeur de l'écart entre les deux tensions.

Le procédé selon l'invention est basé sur le fait que le rayonnement micro-onde se propage même  
15 dans le vide et que l'énergie micro-onde se dégrade en chaleur dans le sein même du produit à traiter, sans qu'il y ait échauffement des pièces environnantes, ce qui permet une importante économie d'énergie, l'extraction d'un kilogramme d'eau nécessitant une consommation globale au secteur de l'ordre de 2 KWH. Par  
20 ailleurs, les pressions absolues nécessaires sont de quelques milliers de pascal, et donc nettement plus faciles à maintenir que les pressions utilisées lors des opérations réalisées dans une enceinte étanche  
25 travaillant sous vide poussé et dans lesquelles les vapeurs résultantes sont extraites soit directement par pompage soit par cryo-condensation sur une paroi froide.

Dans certains cas, il est recommandé de  
30 faire varier la tension de consigne  $V_c$  en cours de traitement pour améliorer la qualité du produit déshydraté ce qui ne pose aucun problème particulier avec le micro-ordinateur.

De préférence, la plage de fréquence des

micro-ondes est comprise entre 1 et 10 GHz. Pour la régulation par ondes millimétriques, la plage de fréquence de ces ondes va de 30 à 40 GHz pour éviter tous problèmes de coexistence de ces ondes.

- 5 On peut également utiliser le micro-ordinateur pour faire varier l'admission d'air sec et froid ou asservir la puissance du générateur micro-ondes par exemple à la température du produit.

REVENDICATIONS

1. Procédé de séchage d'un produit congelé, sans passer par la phase liquide, caractérisé en ce qu'on soumet, pendant le temps nécessaire au séchage complet, le produit à sécher à un champ électromagnétique à micro-ondes, dans une enceinte refroidie, et on fait circuler à travers cet environnement un flux d'air froid et sec.

2. Procédé de séchage suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'on maintient l'environnement du produit à une pression faible.

3. Procédé de séchage suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'on régule la puissance nécessaire à produire le champ électromagnétique à micro-ondes afin d'empêcher la formation d'eau liquide dans le produit lors du séchage.

4. Procédé de séchage suivant l'une quelconque des revendications 1 et 3, caractérisé en ce que le champ électromagnétique à micro-ondes a une valeur moyenne constante sur une très courte durée.

5. Procédé de séchage suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la température de l'enceinte refroidie est située dans une plage de -15 à -20°C.

6. Procédé de séchage suivant l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la pression est comprise dans une plage de 2000 à 8000 Pa et en ce que la température de l'air froid et sec est comprise dans une plage située en dessous de -20°C.

7. Procédé de séchage suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la fréquence du champ électromagnétique à mi-

cro-ondes est comprise dans une plage de 1 à 10 GHz.

8. Dispositif de séchage d'un produit congelé sans passer par la phase liquide pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dispositif caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif (1) d'application d'un champ électromagnétique comprenant un applicateur micro-ondes (2) placé dans une enceinte thermostatique (5) et alimenté par un générateur de micro-ondes (3), un générateur (6) d'air sec et froid et une pompe à vide (8) reliés de part et d'autre de l'applicateur et destinés à produire une circulation d'air et à maintenir une pression déterminée dans l'applicateur, et à en extraire l'air froid chargé de vapeur d'eau et des moyens de régulation (11-16) destinés à empêcher la formation d'eau liquide dans le produit en cours d'un processus de séchage.

9. Dispositif de séchage suivant la revendication 8, caractérisé en ce que les moyens de régulation (11-16) agissent sur la puissance fournie au générateur de micro-ondes (3).

10. Dispositif de séchage suivant l'une quelconque des revendications 8 et 9, caractérisé en ce que les moyens de régulations comprennent des moyens de détection (11, 12, 13) par ondes millimétriques pour détecter l'état physique de l'eau contenue dans un produit placé dans l'applicateur, des moyens d'amplification du signal de détection et des moyens de comparaison (15, 16) de ce signal avec une valeur de consigne ( $V_c$ ) correspondant à une apparition d'eau liquide dans le produit et de commande de la puissance fournie au générateur de micro-ondes.

11. Dispositif de séchage suivant la revendication 10, caractérisé en ce que la valeur de

11

consigne ( $V_c$ ) est sensiblement égale à 4/5 de la tension détectée par les moyens de détection au début d'un processus de séchage.

- 5 12. Dispositif de séchage suivant l'une quelconque des revendications 10 et 11, caractérisé en ce que la fréquence des ondes millimétriques est comprise entre 30 et 40 GHz.



1/2

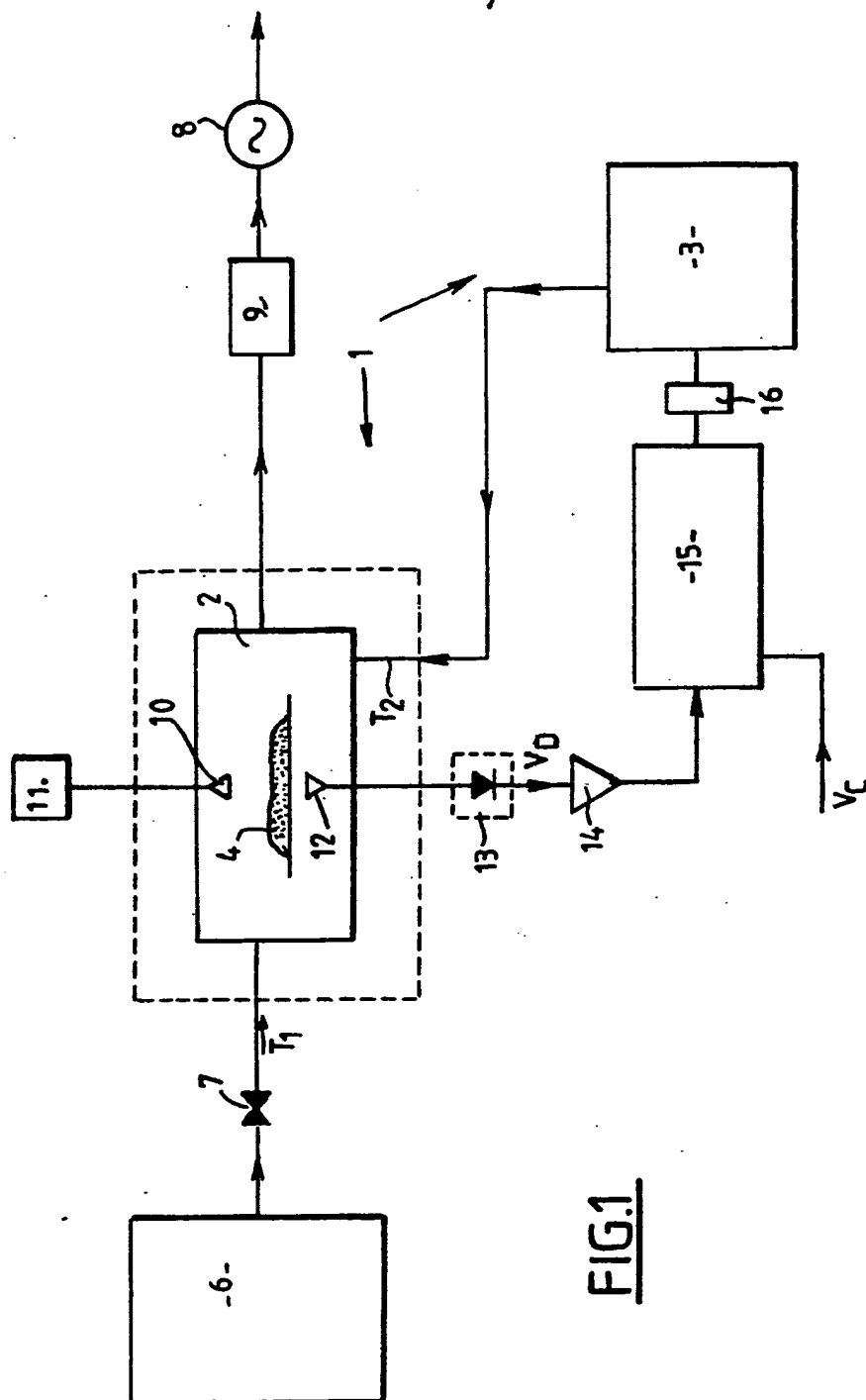
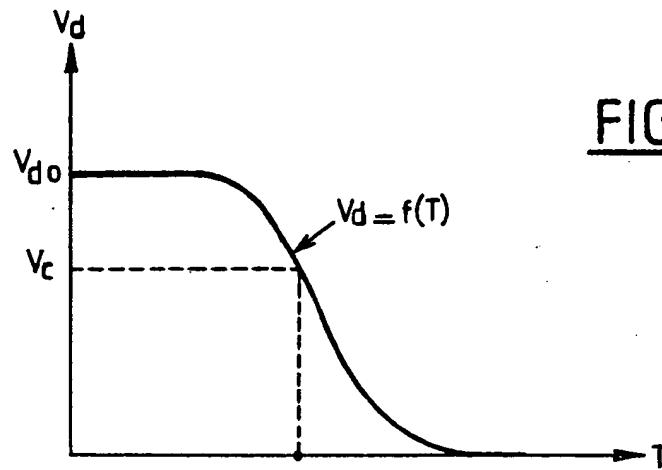
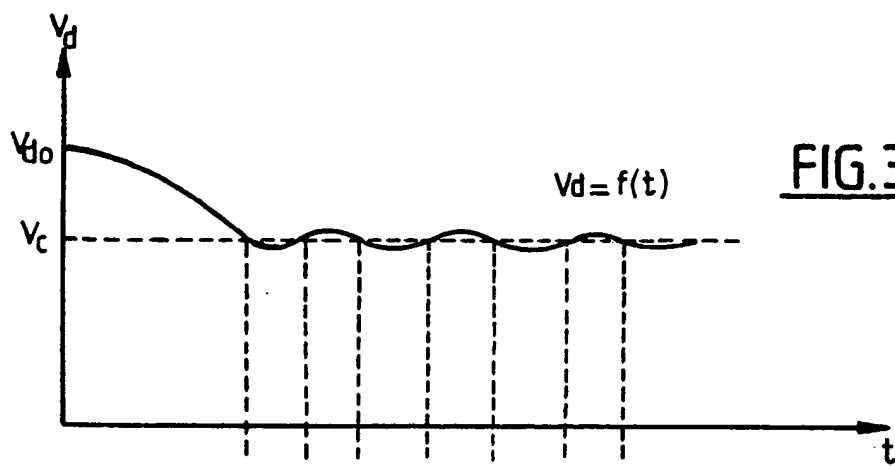
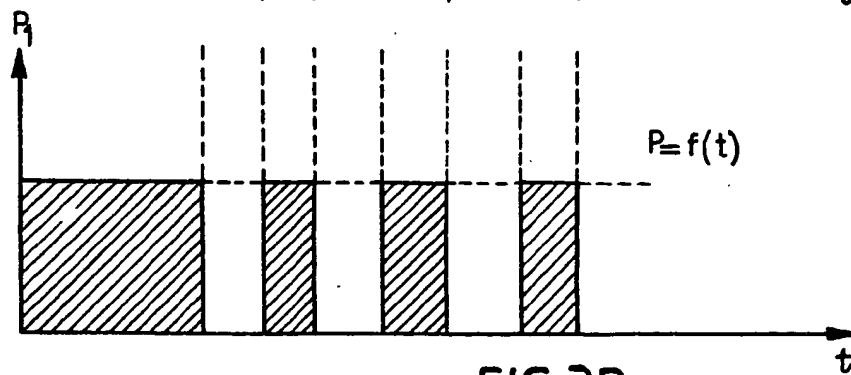


FIG. 1

2/2

FIG.2FIG.3AFIG.3B